



+ 1 sheet
17:01

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 03

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

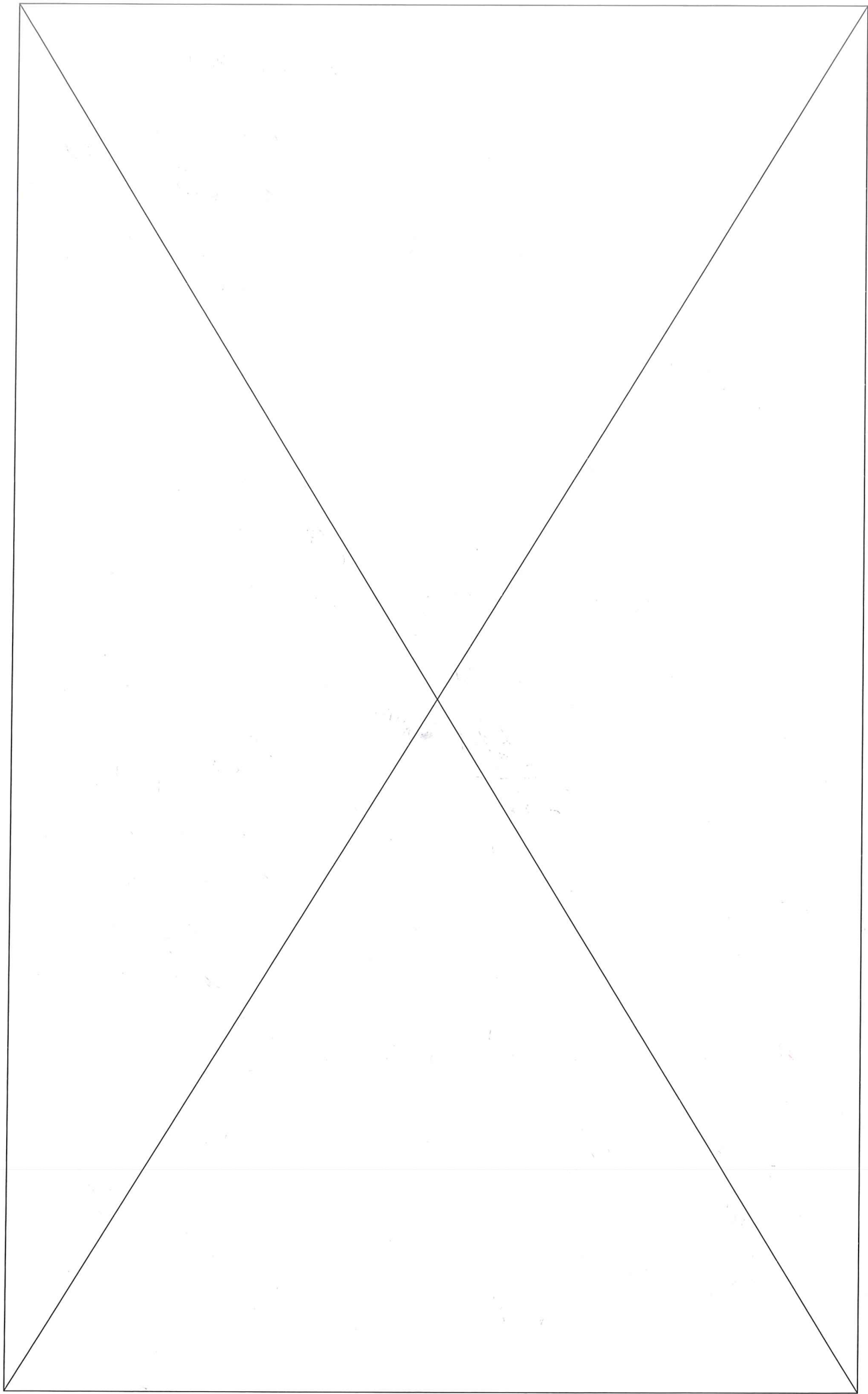
Олимпиада школьников Роботест
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

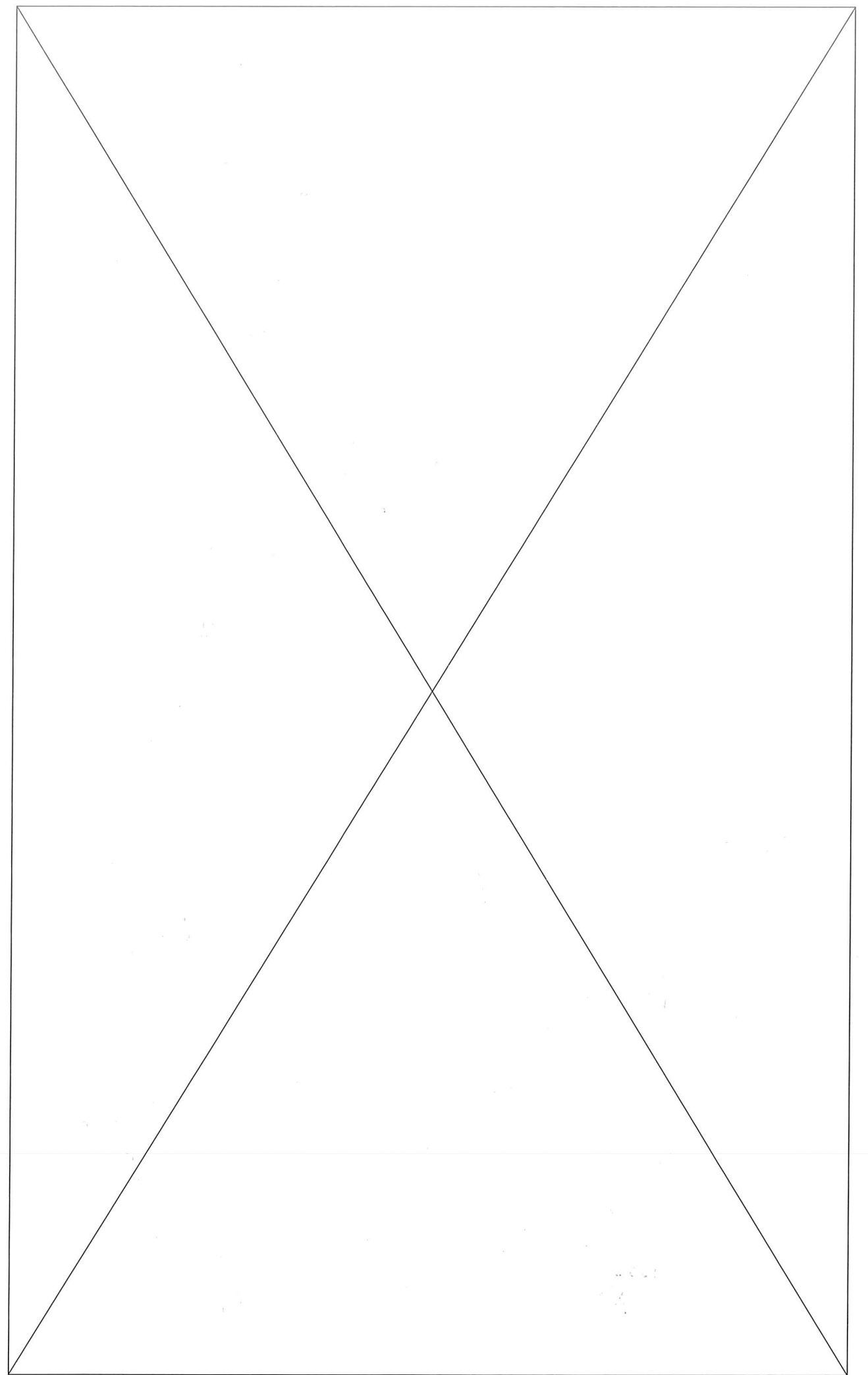
Кобелева Дениса Витальевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«04» апреля 2026 года

Подпись участника



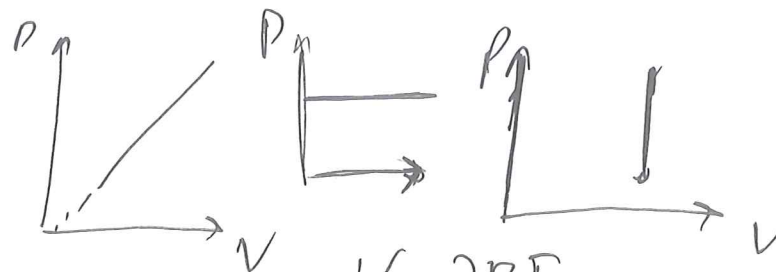
Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик №1 Вопрос 1.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U + A}{\Delta T}$$



$V = \text{const}$
 $Q = \Delta U + A$
 $A = p \Delta V = 0$
 $Q = \Delta U$
 $U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$p_1 V = \nu R T_1$
 $p_2 V = \nu R T_2$

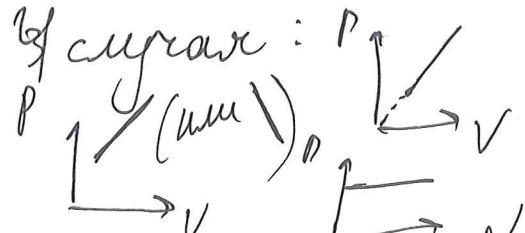
$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ $pV = \text{const}$ $p = \text{const}$

$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{5}{2} \nu R$. Еще кол-во

газа не изменяется, то при изохорном процессе $V = \text{const}$ с тем же постоянным.

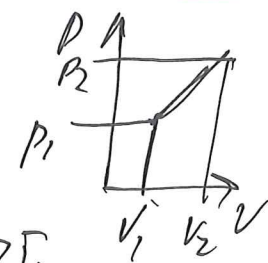
Вопрос 1. Изохор.

Рассмотрим изобарный процесс



$C = \frac{Q}{\Delta T}$ Q при изобар = $p \Delta V + \frac{1}{2} \nu R \Delta T$
 $C = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T}$ - тоже подходит

при накачке $p \sim V$

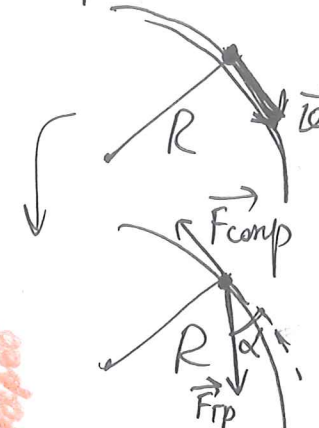


$A = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1)$
 $\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$ $\Delta T = \frac{\Delta(pV)}{\nu R}$
 $p_1 V_1 = \nu R T_1$
 $p_2 V_2 = \nu R T_2$

Черновик №1 (черновики в конце)

Задача 2. шипы глыбы и реакция опоры друг друга

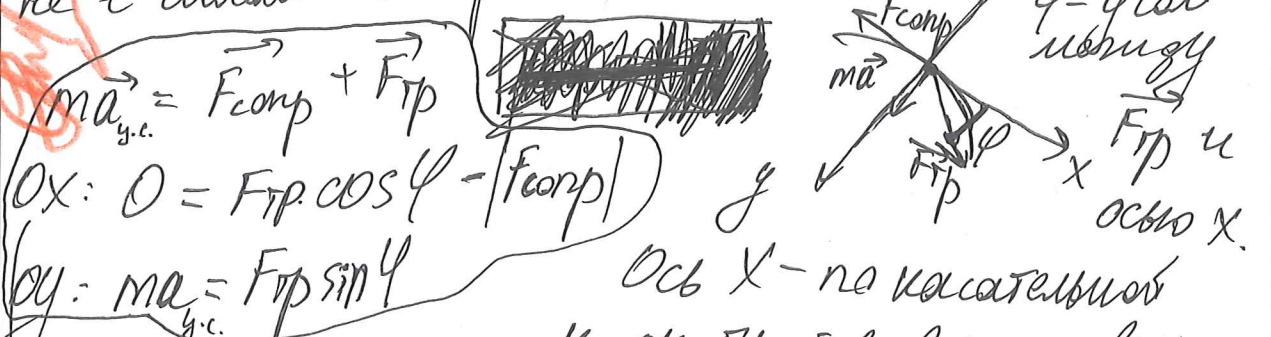
Вопрос:



из формулы сопротивления воздуха ясно, что сила направлена противоположно скорости.

из 2-го закона Ньютона следует, что $m \vec{a}_{y.c.} = \vec{F}_{comp} + \vec{F}_{tr}$

т.к. раз нет a_{tg} , то действует лишь центростремительное ускорение, направленное к центру, т.е. чтобы вект. сумма \vec{F}_{comp} и \vec{F}_{tr} давала $m \vec{a}_{y.c.}$, направленное к центру, сила трения должна быть направлена ~~туда~~ в примерно таком, как на рисунке с силами направленными.



$m \vec{a}_{y.c.} = \vec{F}_{comp} + \vec{F}_{tr}$
 Ох: $0 = F_{tr} \cos \varphi - |F_{comp}|$
 Оу: $ma_{y.c.} = F_{tr} \sin \varphi$

$|a|_{y.c.} = \frac{v^2}{R}$
 $|F_{comp}| = F_{tr} \cos \varphi$
 $\frac{m v^2}{R} = F_{tr} \sin \varphi$
 $\Rightarrow \tan \varphi = \frac{m v^2}{R F_{comp}} = 2$

$\tan \varphi = \frac{m v^2}{R \gamma m v^2} = \frac{1}{\gamma R}$
 $\varphi = \arctan \left(\frac{1}{\gamma R} \right)$

Оценка теор. тура - 35
 Оценка итогов - 63
 (шестьдесят три)

Условие №2

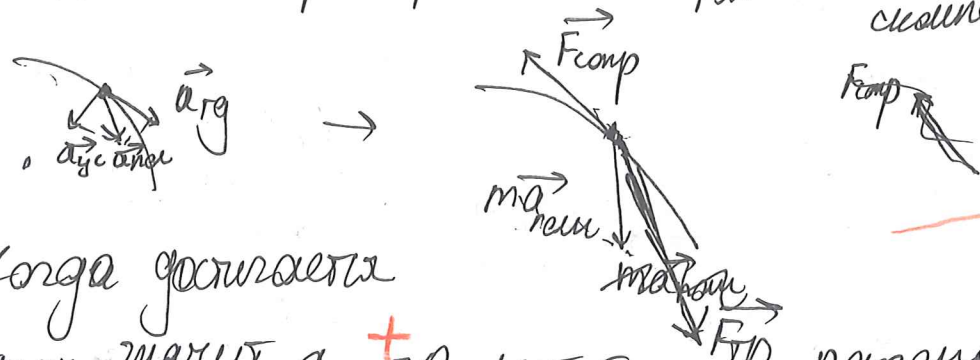
Задача 2.

Автомобиль находится в ИСО, связанной с землей. Ок-ти, по которой он движется, — горизонтальна. = д.т. при переезде в ИСО на автомобиль будут действовать сила инерции

Разогнаться по ок-ти на автомобиль действуют 2 ускорения: тангенциальное и центрострем., их вектор-я сумма $\vec{a}_{yc} + \vec{a}_{cg}$ дает $\vec{a}_{паш}$.

т.е. Запись второго закона Ньютона:

$m\vec{a}_{паш} = \vec{F}_{сопр} + \vec{F}_{тр} +$ (сила реакции дороги и тяжести автомобиля $\vec{m}\vec{g}$)



Когда достигается v_{max} , значит $a_{cg} = 0$, нет больше разгона. т.е. для v_{max} :

$m\vec{a}_{yc} = \vec{F}_{сопр max} + \vec{F}_{тр}$
 $Ox: 0 = F_{тр} \cos \varphi - |F_{сопр}|_{max}$
 $Oy: m a_{yc} = F_{тр} \sin \varphi$
 $|F_{сопр}|_{max} = F_{тр} \cos \varphi \rightarrow \sqrt{m v_{max}^2} = F_{тр} \cos \varphi$
 $m a_{yc} = F_{тр} \sin \varphi \rightarrow a_{yc} = F_{тр} \sin \varphi$
 $a_{yc} = \frac{v_{max}^2}{R} = \gamma v_{max}^2$
 $|F_{тр}| = \gamma N$, γ — коэффициент трения
 $(N) = (mg)$

Условие №2

С при $p \sim V$

$pV = \nu RT$
 $p = 0$
 $T = 0$
 $V = 0$
 $T = 0 \rightarrow p = 0$
 $u V = 0$

$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{i \nu R}{2} + \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2 \Delta T} =$
 $= \frac{i \nu R}{2} + \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2 \Delta T} = \frac{i \nu R}{2} + \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) \cdot \nu R}{2 \Delta(pV)}$

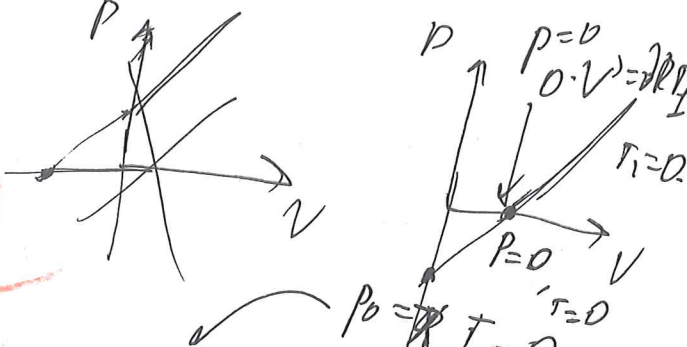
$= \Delta(pV) = p_2 V_2 - p_1 V_1$
 $(p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1) \nu R$
 $2(p_2 V_2 - p_1 V_1)$

$p = nkT$
 $T = 0$
 $p = 0$
 $pV = \nu RT$
 $\frac{pV}{T} = const$

$(p_2 V_2 - p_1 V_1) \nu R + p_1 V_2 \nu R - p_2 V_1 \nu R$
 $\frac{2(p_2 V_2 - p_1 V_1)}{2} + \frac{p_1 V_2 \nu R}{2 p_2 V_2 - p_1 V_1}$
 при $v_{отр}$ и $v_{отр}$ \rightarrow $\frac{dQ}{dV}$ и $\frac{dQ}{dT}$ не постоянны

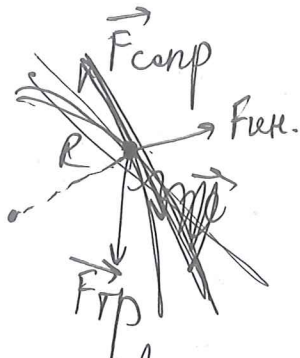
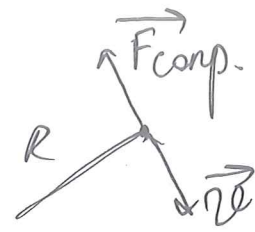
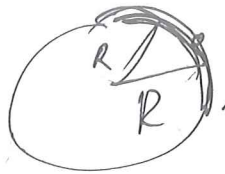
Задача

$Q = \frac{Q_k - Q_x}{Q_k}$



$1 \rightarrow 2 Q_k$
 $2 \rightarrow 3 Q_x$
 $3 \rightarrow 1 Q_x$
 $Q = \frac{Q_k - Q_x}{Q_k}$
 $Q = \frac{i \nu R \Delta T}{2} = \frac{i \nu R \Delta V}{2} \Delta V < 0$
 $Q_{12} = \Delta U + A$
 $\Delta U = \frac{i \nu R \Delta T}{2}$
 $A = \left(\frac{p_2 + p_0}{2}\right)(V(x-1))$
 $p_0 V_0 = \nu RT_0$
 $p_2 V_0 = \nu RT_2$
 $\frac{p_2}{p_0} = \frac{T_2}{T_0}$

Черновик №3
Вопрос 2



$$\vec{0} = \vec{F}_{\text{consp}} + \vec{F}_{\text{кн}} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

В НИСО, связанной с центром НИСО-дорога, именуемая радиусе кривизны, в этот НИСО автомобиль не имеет собственное ускорение, только сила инерции НИСО связанной с центром. Вопрос можно без НИСО решить

$$\vec{0} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_{\text{consp}} + \vec{F}_{\text{ин}}$$

$$Ox: 0 = F_{\text{тр}} \cos \varphi - F_{\text{consp}}$$

$$Oy: 0 = F_{\text{кн}} - F_{\text{тр}} \sin \varphi$$

$$F_{\text{тр}} \sin \varphi = \frac{m v^2}{R}$$

$$F_{\text{тр}} \cos \varphi = F_{\text{consp}} \quad \text{tg} \varphi = \frac{m v^2}{R} : F_{\text{consp}} =$$

$$= \text{tg} \varphi = \frac{m v^2}{\gamma R \cdot m v^2} = \frac{1}{\gamma R}$$

Задача 2. Автомобиль, движущийся в НИСО, с чем НИСО связано? с тангенциальным ускорением (разгадка) находится в НИСО, связанной с центром ок-та кривизны поворота

58-86-51-79
(150.1)

Черновик №3

Задача 2 (продолжение)

$$\begin{cases} \gamma m v_{\text{max}}^2 = F_{\text{тр}} \cos \varphi \\ \gamma m v_{\text{max}}^2 = F_{\text{тр}} \sin \varphi \end{cases} \Rightarrow \cos \varphi = \sin \varphi, \Rightarrow \varphi = 45^\circ$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{\gamma m v_{\text{max}}^2}{\sin 45} = \frac{\gamma m v_{\text{max}}^2}{\sqrt{2}}$$

Для R':

$$\gamma m v_{\text{max}}^2 = F_{\text{тр}} \cos \varphi'$$

$$\gamma m v_{\text{max}}^2 = F_{\text{тр}} \sin \varphi'$$

$$\frac{R'}{m v_{\text{max}}^2} = F_{\text{тр}} \sin \varphi'$$

$$\frac{R'}{m v_{\text{max}}^2} = F_{\text{тр}} \cos \varphi' \rightarrow \text{tg} \varphi' = \frac{R'}{R} = 3 \rightarrow \varphi' = \arctg 3$$

$$\frac{R}{m v_{\text{max}}^2} = \frac{2 \gamma m v_{\text{max}}^2 \cos \varphi'}{\sqrt{2} R}$$

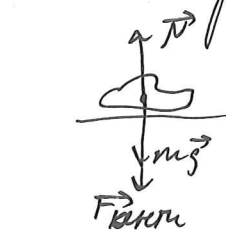
$$v_{\text{max}}^2 = \sqrt{\frac{2 \gamma m v_{\text{max}}^2 \cos \varphi' R}{\sqrt{2}}}$$

$$v_{\text{max}}^2 = v_{\text{max}} \sqrt{\frac{2 \gamma \cos \varphi' R}{\sqrt{2}}}$$

$$= 94 \text{ км/ч} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{1}{10}}{\sqrt{2}}} \approx 0,67 \cdot 94 \approx$$

$$\approx 63 \text{ км/ч}$$

Сантиметрами:



все след. мет.

(в этот ось в верт. осн.)

$$N = mg + F_{\text{Анти}} \quad F_{\text{Анти}} - \text{прижимная сила для кривизны}$$

$$v^2 = v_{\text{max}}^2 \quad F_{\text{Анти}} = 0,25 \frac{v^2}{v_{\text{max}}^2} \text{ при}$$

т.к. дорога галле и шиа павелла, то F_тр осталась галле line.

$$\text{tg} \varphi' = 3 \quad \frac{\sin \varphi'}{\cos \varphi'} = 3$$

$$\sin \varphi' = 3 \cos \varphi' \quad \sin^2 \varphi' = 9 - 9 \cos^2 \varphi'$$

$$10 \cos^2 \varphi' = 9 \quad \cos^2 \varphi' = \frac{9}{10}$$

$$\cos \varphi' = \frac{3}{\sqrt{10}}$$

$$10 \cos^2 \varphi' = 1 \quad \cos^2 \varphi' = \frac{1}{10}$$

$$\cos \varphi' = \frac{1}{\sqrt{10}}$$

Условие №4

задача 2 продолжение

при макс. скорости уже в том случае, $F_{\text{тяги}} = 0,25 \text{ mg}$

$F_{\text{тр}} -$ новое трение, с антикрылом.

$F_{\text{сопр.е. с антикрылом}}$
 $m \vec{a}_{\text{гс.}} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_{\text{сопр}}$

$Ox: 0 = -F_{\text{тр}} \cos \varphi'' - |F_{\text{сопр}}|$ т.е. при любой макс скорости v_{max}

$Oy: m a_{\text{гс.}} = F_{\text{тр}} \sin \varphi''$

$y m v_{\text{max}}^2 = F_{\text{тр}} \cos \varphi''$ ($F_{\text{тр}} = \mu N$)

$\frac{m v_{\text{max}}^2}{R} = F_{\text{тр}} \sin \varphi''$ $N = \frac{5}{4} mg$ μ тоже, т.к. дорога не поменялась

$F_{\text{тр}} = \frac{2}{\sqrt{2}} y m v_{\text{max}}^2$
 $F_{\text{тр}} = \frac{5}{2\sqrt{2}} y m v_{\text{max}}^2 \rightarrow v_{\text{max}}^2 = g y^2 \left(\frac{100}{2}\right)^2$

$\frac{m v_{\text{max}}^2}{R} = F_{\text{тр}} \cos \varphi'' \rightarrow \frac{\sin \varphi''}{\cos \varphi''} = \frac{m v_{\text{max}}^2 R}{m v_{\text{max}}^2} = \frac{R}{R} = 3$

$\sin \varphi'' = \sin \varphi' = \frac{3}{\sqrt{10}}$

$v_{\text{max}}^2 = \frac{5 y m v_{\text{max}}^2}{2\sqrt{2}}$
 $v_{\text{max}}^2 = \sqrt{\frac{5 y v_{\text{max}}^2 R \sin \varphi''}{2\sqrt{2}}} = \sqrt{2 \cdot \frac{100}{200} \cdot v_{\text{max}}^2 \cdot \frac{5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100}{2\sqrt{2} \cdot \sqrt{10}}}$

$\approx 0,75 v_{\text{max}} = 70,5 \text{ км/ч}$
 Ответ: с антикрылом $v_{\text{max}} \approx 63 \text{ км/ч}$
 с антикрылом $v_{\text{max}} \approx 70,5 \text{ км/ч}$

(11)

Условие №4

$\vec{a}_{\text{полн.}} = \vec{a}_{\text{гс.}} + \vec{a}_{\text{г.с.}}$



$m \vec{a}_{\text{полн.}} = \vec{F}_{\text{сопр}} + \vec{F}_{\text{тр}}$

при $v_{\text{max}} \Rightarrow a_{\text{гс.}} = 0$. $a_{\text{г.с.}} = \frac{v_{\text{max}}^2}{R}$

$m a = F_{\text{тр}} \cos \varphi -$

$0 = F_{\text{сопр}} - F_{\text{тр}} \cos \varphi$

$F_{\text{тр}} = \mu N$

$N = mg$ найдем μ

Для R)

$\frac{m v_{\text{max}}^2}{R} = F_{\text{тр}} \sin \varphi'$ $F_{\text{тр}} \cos \varphi' = F_{\text{сопр}}$
 $\mu mg \cos \varphi' = y m v_{\text{max}}^2$ $\frac{v_{\text{max}}^2}{R} = y v_{\text{max}}^2 \sin \varphi'$

$\frac{1}{R} = y \sin \varphi' \rightarrow \sin \varphi' \rightarrow \cos \varphi' \rightarrow$

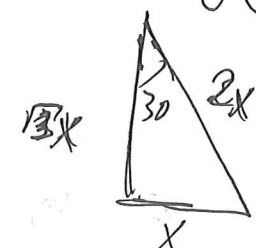
$\mu g \cos \varphi' = y v_{\text{max}}^2$

$y m v_{\text{max}}^2 = F_{\text{тр}} \cos \varphi'$
 $m a_{\text{г.с.}} = F_{\text{тр}} \sin \varphi'$

$\mu = \frac{y v_{\text{max}}^2}{g \cos \varphi'}$

$a_{\text{г.с.}} \frac{v_{\text{max}}^2}{R} = \mu g \sin \varphi'$

$v_{\text{max}}^2 = \mu g \sin \varphi' R$



$\sin^2 \varphi' = \frac{9}{10}$
 $\sin \varphi' = \frac{3}{\sqrt{10}}$

$\frac{\sin \varphi'}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi'}} = 3$
 $3 \sqrt{1 - \sin^2 \varphi'} = \sin \varphi'$
 $9 - 9 \sin^2 \varphi' = \sin^2 \varphi'$
 $10 \sin^2 \varphi' = 9$

Черновик №5

$R \downarrow$ а.у.с.

$$\frac{m v_{max}^2}{R^2} = F_p \sin \varphi'$$

$$F_p \cos \varphi' = \gamma m v_{max}^2$$



$$F_p \cos \varphi' = \frac{m v_{max}^2}{R^2}$$

$$F_p \sin \varphi' = \frac{m v_{max}^2}{R^2}$$

$$\tan \varphi' = \frac{m v_{max}^2}{R^2} \cdot \frac{R}{m v_{max}^2} = 3$$

$$\frac{\sin \varphi'}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi'}} = 3$$

$$\sin^2 \varphi' = \frac{9}{10}$$

$$\sin \varphi' = \frac{3}{\sqrt{10}}$$



$$F_p = \frac{\gamma m v_{max}^2}{\sin 45}$$

$$F_p = \frac{2 \gamma m v_{max}^2}{\sqrt{2}}$$

$$m v_{max}^2 = \frac{2}{\sqrt{2}} \gamma m v_{max}^2 \sin \varphi' \cdot R$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{300} \cdot v_{max}^2 \cdot \frac{3}{\sqrt{10}} \cdot 100}$$

$$v = \frac{v_{max}}{3}$$

$$p_2 = n v_2$$

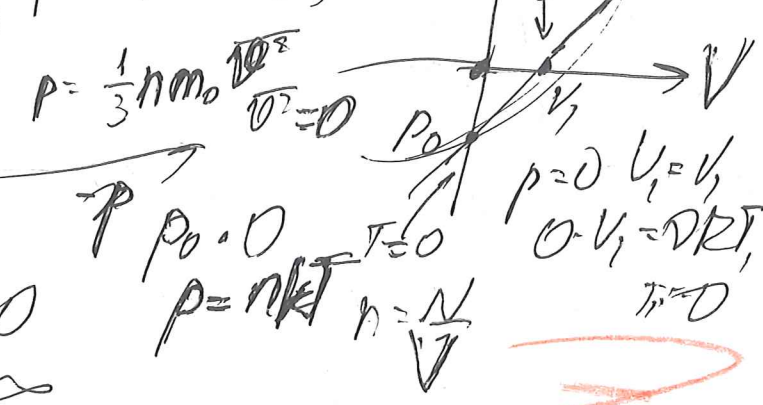
$$p_1 = n v_1$$



$$C = \frac{1}{2} \Delta R + \frac{(n v_2 + n v_1)(v_2 - v_1)}{2 \Delta T}$$

$$C = \frac{1}{2} \Delta R + \frac{n (v_2^2 - v_1^2)}{2 \Delta T}$$

$\lim_{v \rightarrow 0} \frac{p}{v} = n$



$v \rightarrow \infty$
 $v=0$
 $p \rightarrow \infty$

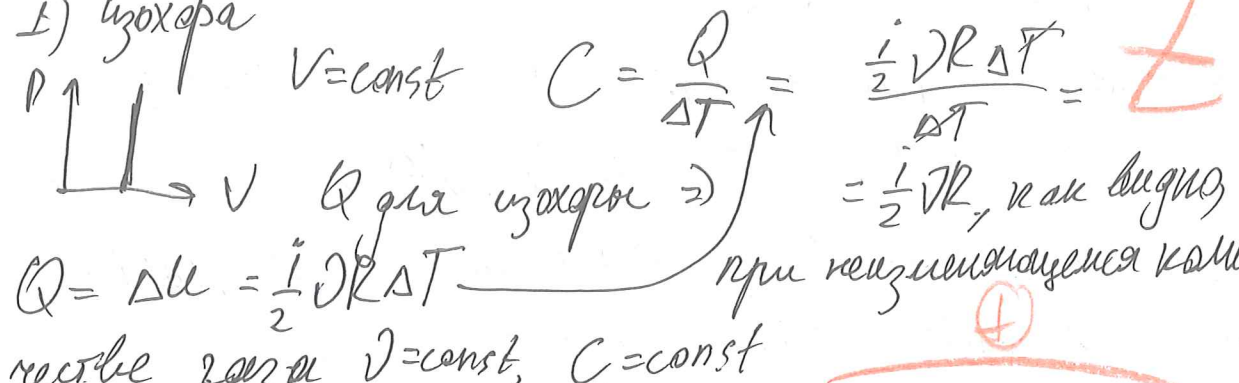


58-86-51-79
(150.1)

Черновик №5

Вопрос 1.
В координатах $p(v)$ прямая линия - это или изохора, или изобара, или процесс прямолинейно зависящий от v

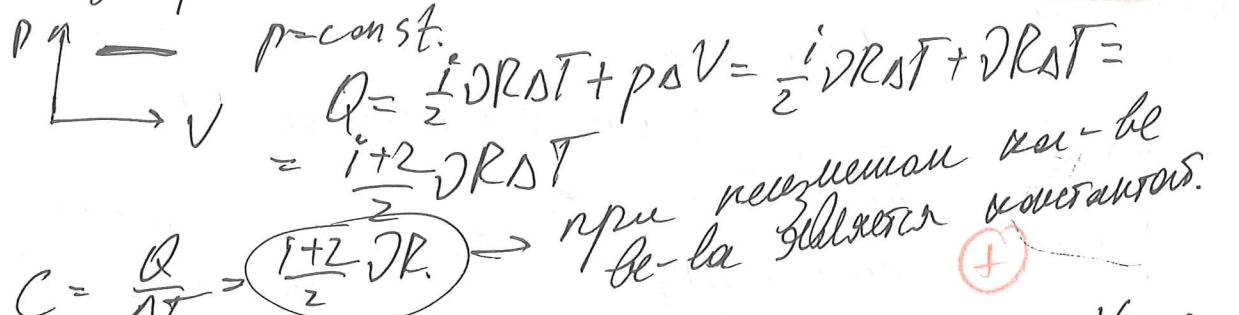
1) Изохора



$$Q = \Delta U = \frac{1}{2} \Delta R \Delta T$$

при неизменяющемся количестве газа $v = \text{const}$, $C = \text{const}$

2) Изобара

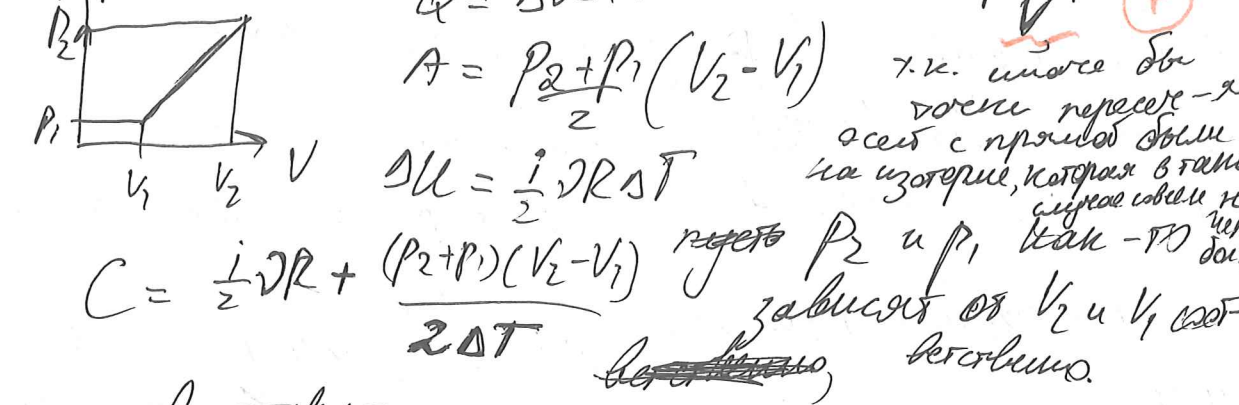


$$Q = \Delta U + p \Delta V = \frac{1}{2} \Delta R \Delta T + p \Delta V = \frac{1}{2} \Delta R \Delta T + \Delta R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{3}{2} \Delta R$$

при неизменной массе газа

3) p линейно зависит от v , но всегда прямо пропорционально v



$$Q = \Delta U + A$$

$$A = \frac{p_2 + p_1}{2} (v_2 - v_1)$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} \Delta R \Delta T$$

$$C = \frac{1}{2} \Delta R + \frac{(p_2 + p_1)(v_2 - v_1)}{2 \Delta T}$$

$$p_1 v_1 = \nu R T_1 \Rightarrow \Delta T = p_2 v_2 - p_1 v_1$$

$$C = \frac{1}{2} \Delta R + \frac{\nu (v_2 + v_1)(v_2 - v_1)}{2 (p_2 v_2 - p_1 v_1)} + \frac{-(\nu v_2^2 - \nu v_1^2)}{2 (p_2 v_2 - p_1 v_1)} = \text{const.}$$

Ответ: в любом случае

Условие №6

Вопрос №3:

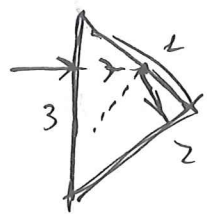
т.к. ВАХ лампы и светодиода монотонно возрастают, это означает, что максимальная мощность обоих элементов достигается только в них. Для лампы это точка (8; 0,6) $8В \cdot 0,6А = 4,8Вт$

Для светодиода это точка (6; 0,7) $6В \cdot 0,7А = 4,2Вт$

Из чего делаем вывод, что максимальное напряжение лампы = 8В, светодиода, - 6В.

Ответ: У лампы = 8В, у свет. = 6В.

Вопрос №4



При первом прохождении через грань 3 луч падает перпендикулярно поверхности. т.е.

$\sin \alpha \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2$ n_1 и n_2 - опт. плотность воздуха

и α - угол падения β - угол преломления. $n_1 = 1$ как воздух. $n_2 = 1,4$. $\sin \alpha = 1$ т.к. $\sin \alpha = 0$ как $\sin 0$. $\Rightarrow \sin \beta \cdot 1,4 = 0 \Rightarrow \sin \beta = 0 \Rightarrow \beta = 0$.

т.е. при первом прохождении грани 3 луч не преломится. Для попадания во 2-ю грань (грань) луч не вышел, а значит угол преломления больше 1, следовательно, от 1-й грани (n2) луч отразится под углом не 60°

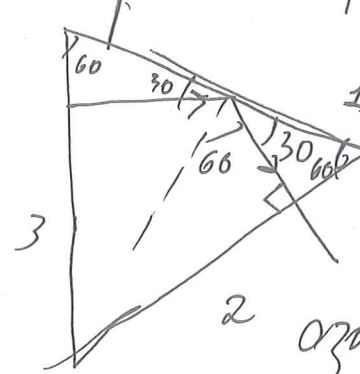


$\sin 60 \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2$ $\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,4 = \sin \beta \cdot 1,4$ $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$ $n_1 = 1,2$ т.е.

и $\beta = 60^\circ$ т.е. луч не вышел, а значит угол преломления больше 1, следовательно, от 1-й грани (n2) луч отразится под углом не 60°

Условие №7

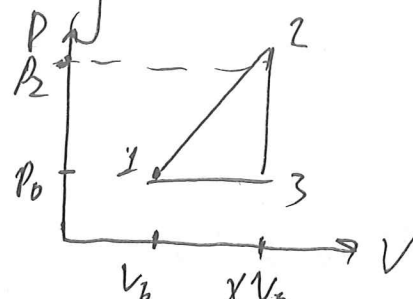
Вопрос №4 продолж-е.



из геометрии, функции луче на грань №2 попадает под прямым углом, что по формуле с первым прохождением через грань 3 означает, что луч вышел.

Ответ: через грань №2

Задача №1.



2 → 3 - изохорный
1 → 3 - изобарный

$A \cdot S = (P_2 - P_1) \cdot V_0 \cdot (x - 1)$

$Q_{12} = Q_{кач}$

$Q_{23} \neq Q_{32} = Q_{кач}$

$\eta = \frac{Q_{н} - Q_{х}}{Q_{н}}$

$Q_{12} = \Delta U + A$

$\Delta U = \frac{i}{2} D R \Delta T$

$\Delta U = \frac{i}{2} (x p_2 V_0 - p_0 V_0)$

$A = \frac{p_0 V_0 (x - 1)}{2} (p_1 + p_2)$

$p_0 V_0 = D R T_0$ $x p_2 V_0 = D R T_2$

$\Delta T = T_2 - T_0$ $\Delta T = \frac{x p_2 V_0 - p_0 V_0}{D R}$

$Q_{12} = C \Delta T_{12}$

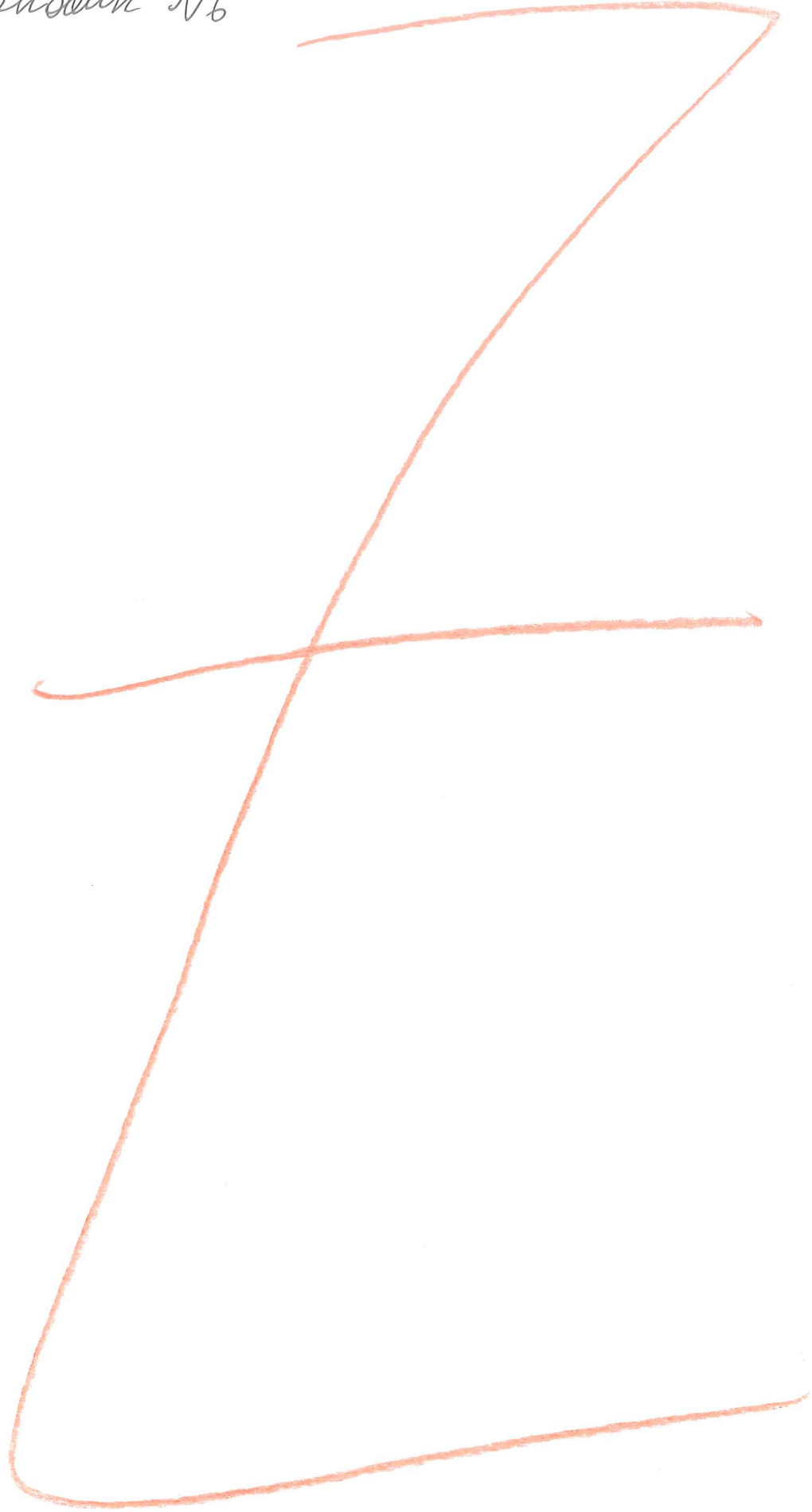
$Q_{23} = C \Delta T_{32}$

$Q_{32} = C \Delta T_{32}$

$Q = C (\Delta T_{12} + \Delta T_{32} + \Delta T_{31})$

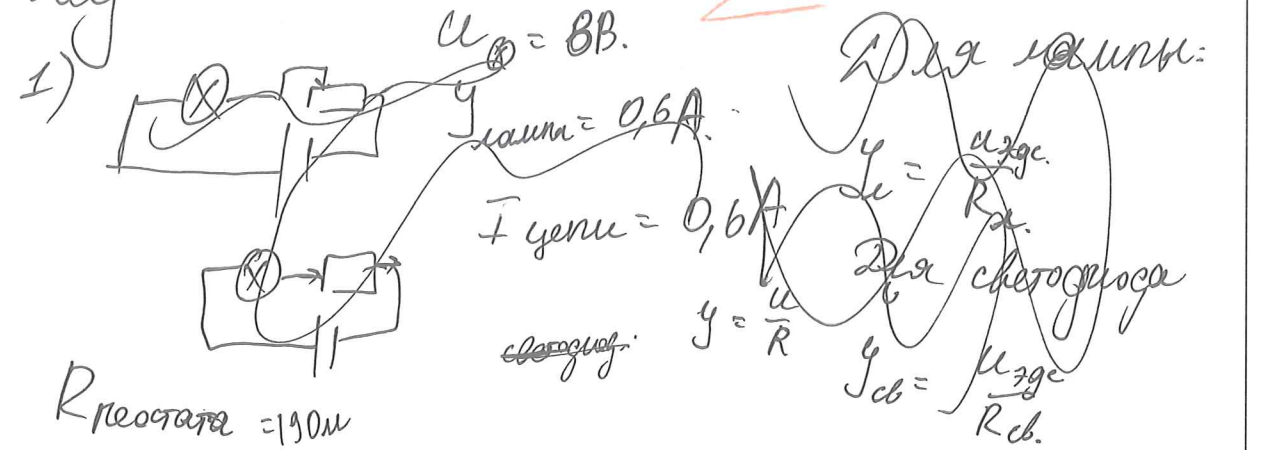
$\eta_{кач} = \eta_{н} - \eta_{х}$

Черновик №6



58-86-51-79
(150.1)

Черновик №8
Задача №3.



$I_{резистора} = 0,6A$
 $U_{резистора} = IR = 0,6 \cdot 19 = 11,4B$

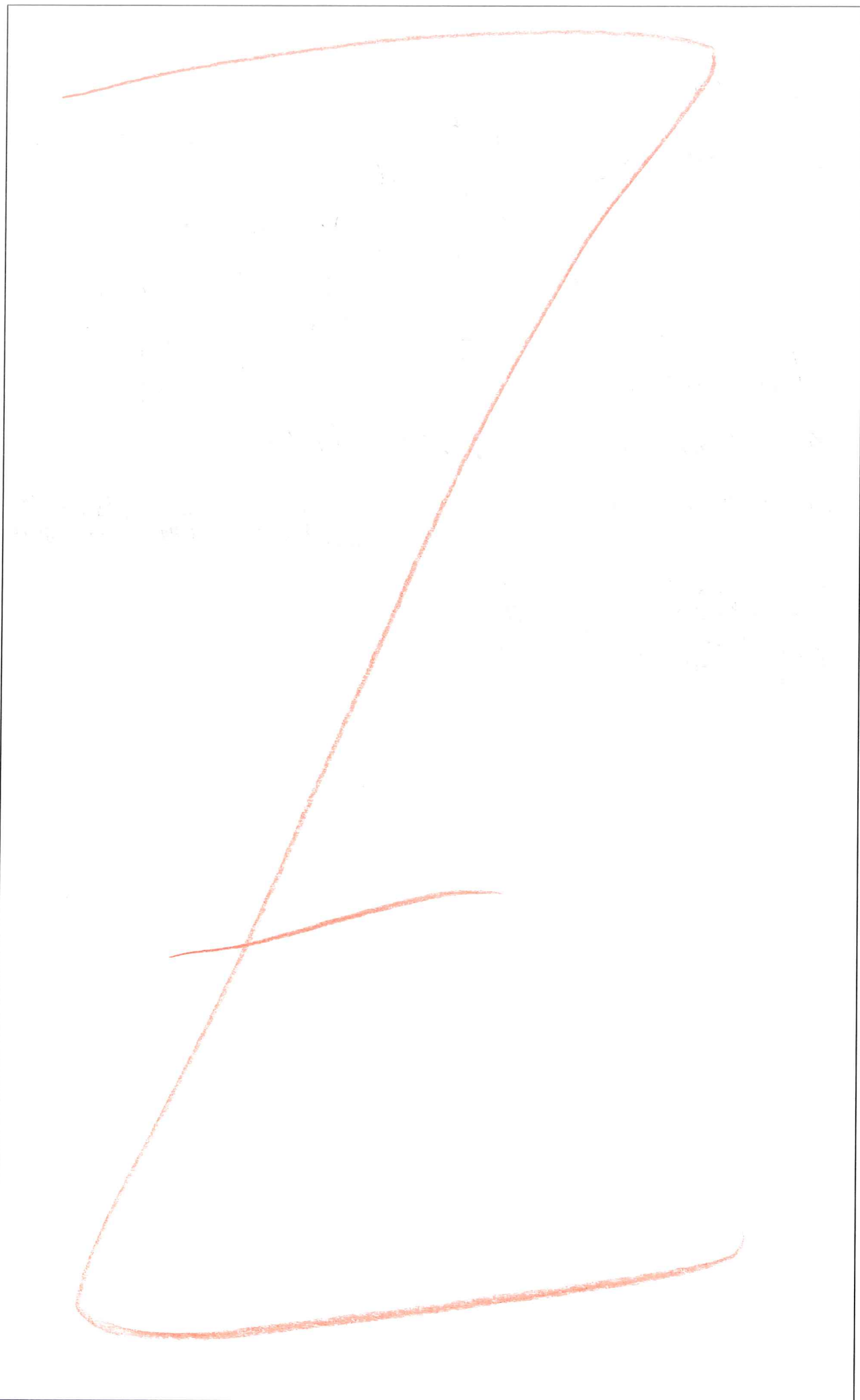
$U_{лампы} = 8B$

$I_{лампы} R_л \rightarrow y_л R_{резистора} + (y_л + y_{лампы}) R_{ЭДС}$

$y_{ЭДС} = 0,6A$
 $R_{обш} = R_{ЭДС} +$

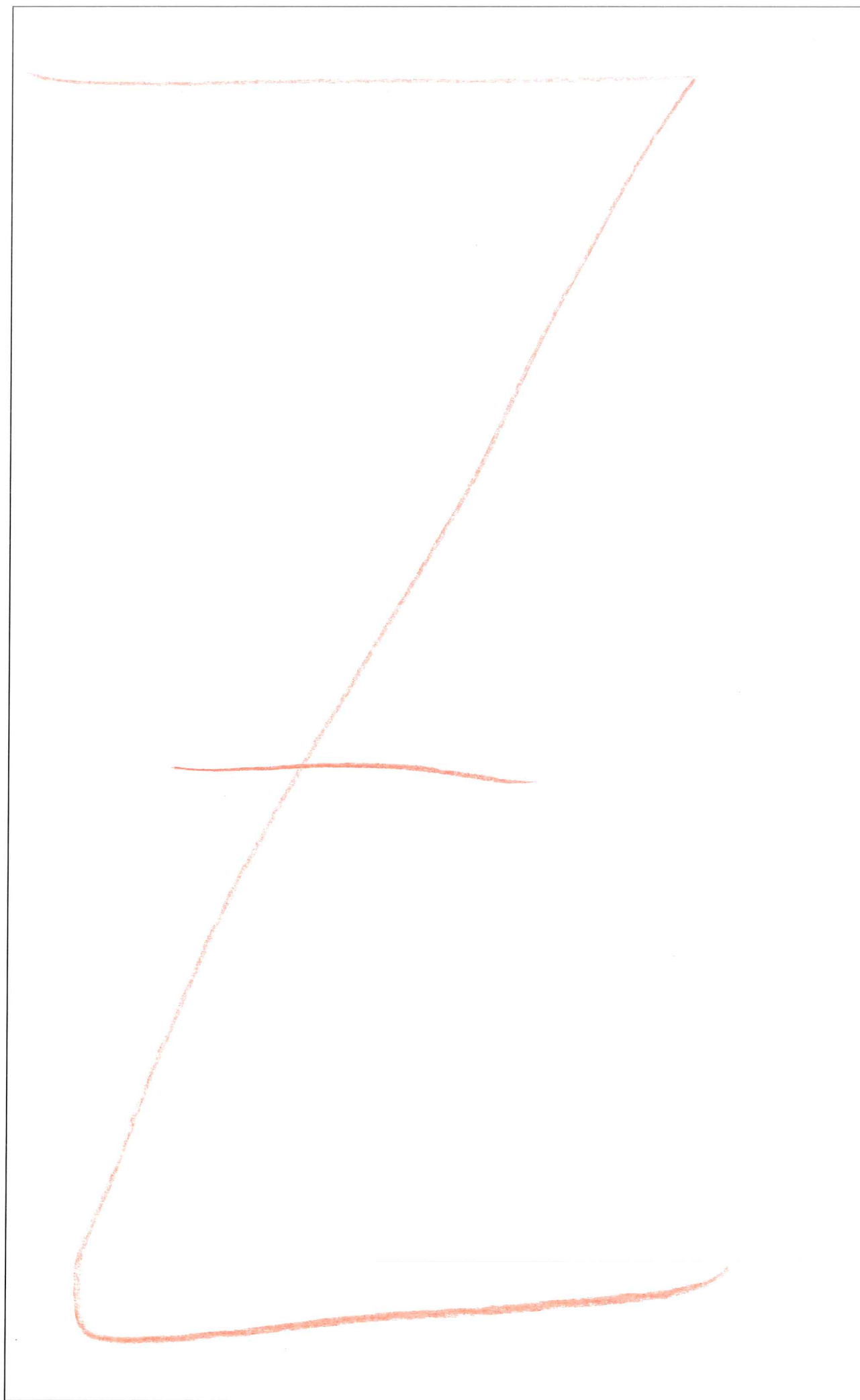
$y = \frac{u}{R}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!